First discovery of monotremes in South America

Rosendo Pascual*, Michael Archer†, Edgardo Ortiz Jaureguizar*, José L. Prado*, Henk Godthelp† & Suzanne J. Hand†

* Departamento Cientifico Paleontología Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque, 1900 La Plata, Argentina
† School of Biological Science, University of New South Wales, PO Box 1, Kensington, New South Wales 2033, Australia

UNTIL now, the egg-laying monotremes were only known from the Australian continent, where they have lived since the early Cretaceous period to the present[1]. Here we report the first monotreme from outside the Australian continent, an ornithorhynchid, from sediments of late early Palaeocene age in Patagonia, southern Argentina. This discovery demonstrates the Gondwanan nature of monotremes and supports the hypothesis that the Patagonian Terrane of southern South America had a biotic history distinct from that of the rest of the continent.

The South American monotreme is represented by an isolated upper right second molar (Fig. 1, M^2). The crown morphology is monotreme-like and resembles the upper second molars of Oligo-Miocene species of the ornithorhynchid genus *Obdurodon*[2,3] in having two parallel anteroposteriorly compressed, occlusally concave, V-shaped blade systems (triakididrepanons[2,4]) terminated buccally by four small cuspules. At the lingual end of the midvalley of the tooth, between the bases of the two transverse blade systems, there is a low ridge (or cuspule) that probably occluded with the apical margin of the principal buccal cusp of the 'talonid' of the lower molars. At the buccal end of the midvalley, there are two additional minor cuspules that contribute to the ornithorhynchid-like multicuspidate buccal margin of the crown. As in the M^2 of species of *Obdurodon*, the Argentinian tooth has posterior and anterior cingula, no buccal or lingual cingula and four anteroposteriorly compressed roots. In contrast to species of *Obdurodon*, the tooth is larger, has an elevated posterior cingulum, a more buccal position of the posterobuccal cuspule, a swollen basal portion of the anterolingual cusp and extensive occlusal wear. The Argentinian animal, although only known from an upper molar, appears to have been larger than *Steropodon galmani*, which is known from a portion of a lower jaw. A detailed comparison with all other monotremes will be presented elsewhere[34].

Enamel ultrastructure of the Argentinian tooth resembles that reported for *Obdurodon*[5]. The middle enamel shows a Pattern 2 enamel-packing pattern[6]; tubules are present and there is a distinct inter-row sheet and inter-prism component present. Prisms are generally ovoid and ~3 μm in diameter. This combination of features exists in *Obdurodon* and some marsupials but not in placentals or multituberculates (C. Gilkeson, personal communication). The inability to examine ultrastructural features on etched surfaces prohibited a definitive examination for marsupial versus monotreme features. Gross crown morphology is almost indistinguishable from the pattern of ornithorhynchid monotremes but is unlike that of any marsupial or placental mammals.

The mammal-bearing deposit ('Banco Negro Inferior', BNI) occurs at 45° 30′ S; 67° 11′ W, Golfo de San Jorge, Chubut province (central Patagonia), Argentina. The BNI deposit occurs above the marine Salamanca Formation[7], whose uppermost part has been determined to be Upper Danian on the basis of foraminiferal biostratigraphy[8,9]. On the basis of palaeomagnetic data, the BNI sediments have been determined to be between 63.2 and 61.8 Myr BP (before present; ref. 10). Mammals from this level are most similar to those from the Tiupampian Local Fauna of Bolivia[11], both assemblages having been referred to the Tiupampian Land Mammal Age of South America[10,12]. The Argentinian platypus tooth was found on the surface of an eroded exposure of BNI sediments (further locality data are available from R.P.).

The BNI Local Fauna include five crocodiles (two mesosuchians, the crocodylid *Necrosuchus ionensis* Simpson, 1937, the alligatorids *Eocaiman* sp. and a probable representative of the North American genus *Allognathosuchus*), four species of chelid turtles, a species of the gondwanatherian multituberculate genus *Sudamerica*[13], at least two primitive 'condylarths', including a possible arctocyonid and a mioclaenid, and a representative of a derived but as yet undetermined group of placental mammals. This faunal assemblage, lithogenesis and the occurrence of mangrove pollen suggest that the deposits accumulated in a freshwater facies of a quiet coastal lagoon or mangrove swamp[14].

The absence of monotremes and gondwanatherians from the first known and relatively contemporaneous northern Bolivian Tiupampian faunal assemblages[10,11] appears to support the hypothesis, based on geobiotic evidence, of a distinct southern South American biota[14-19]. Geotectonic studies suggest that southern South America should be distinguished as the Patagonian Terrane[20].

A cladistic analysis of 17 taxon cladograms (extant taxa) led to the hypothesis that the biotas of southern South America, Australia, Tasmania, New Guinea, New Caledonia and New Zealand constitute a monophyletic group[21]. But, considering that the oldest known monotreme has been recorded from early Cretaceous sediments in Australia[1], it is surprising that this group has not hitherto been recorded from the late Cretaceous Los Alamitos Local Fauna of Patagonia[22,23].

Among Patagonian Tiupampian mammals, monotremes and the autapomorphic gondwanatherian multituberculate genus *Sudamerica*[13,24] appear to be survivors of lineages present in

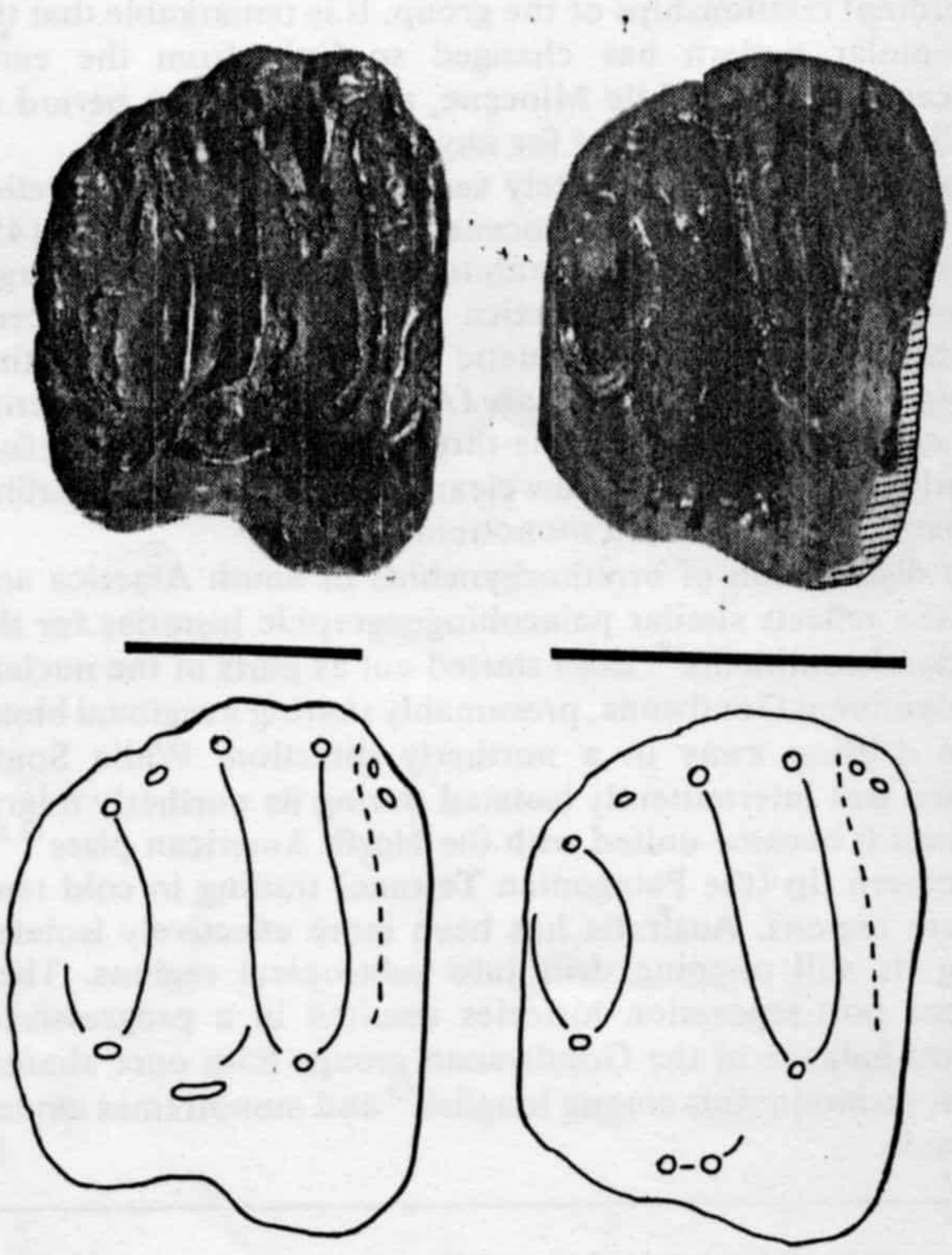


FIG. 1 The worn Banco Negro Inferior ornithorhynchid right M^2 from Patagonia (left) compared with a less worn but slightly damaged right M^2 of *Obdurodon* sp. from Oligo-Miocene deposits in Riversleigh, northwestern Queensland. Anterior is to the right; the curved row of small cuspules is buccal; lingual is down. Diagrams (below) compare distinctive primary cusp and blade relationships (Scale bar, 5 mm).

pp. 704-705

South America since the early Cretaceous. The period of time between the early Cretaceous and the earliest Palaeocene was the first of two significant periods of isolation for South America[25]. Its end was heralded by the arrival of groups such as marsupials prior to the beginning of Tiupampian time. The second significant period of South American isolation extended from the beginning of Tiupampian time to the Pliocene, when the rise of the Bolivar Geosyncline precipitated the Great American Biotic Interchange[26]. Among mammals, only monotremes and highly autapomorphic multituberculates survived the first period of isolation and persisted into the beginning of the second—but possibly only in Patagonia because they are unknown from Tiupampian[11] or younger deposits further to the north[27].

In Australia, nothing is known about monotremes between the time of their first record in the early Cretaceous (*Steropodon galmani*, possibly an ornithorhynchid) and the late Oligocene to middle Miocene (*Obdurodon*, ornithorhynchid), and then again until the early Pliocene to Holocene (*Ornithorhynchus*, ornithorhynchid[1-3,28]. Tachyglossids are unknown prior to the late Miocene (*Megalibgwilia*[35]), although DNA hybridization experiments suggest they diverged from ornithorhynchids between the late Cretaceous and early Tertiary[29]. The South American taxon is thus the only early Tertiary monotreme known.

Evidence supports an interordinal relationship to relatively plesiomorphic 'eupantotheres' such as dryolestoids[1-3] rather than more derived groups such as peramurids[1,30], with a probable origin sometime in the Jurassic. The South American monotreme is most similar among monotremes to the Oligo-Miocene species of *Obdurodon*, although upper molars are as yet unknown for *Steropodon galmani*. For this reason, we tentatively refer it to the Family Ornithorhynchidae. But because it shares a conservative molar morphology exhibited by all toothed monotremes which spans the early Cretaceous to the middle Miocene, it contributes little information that would clarify interordinal relationships of the group. It is remarkable that the basic molar pattern has changed so little from the early Cretaceous to the middle Miocene, a uniquely long period of stasis in molar morphology for any group of mammals.

Australia did not completely separate from East Antarctica until between the middle Eocene and early Oligocene (45-38 Myr) and South America maintained at least an archipelagic connection to West Antarctica until the late Oligocene (~35 Myr)[31]. Recent phylogenetic studies have suggested that at least one order of marsupials (Ameghino's Microbiotheria) or its descendants spanned the three unified continents before the early Tertiary[32,33]. It is now clear that a comparable distribution pattern characterized monotremes.

The distribution of ornithorhynchids in South America and Australia reflects similar palaeobiogeographic histories for the two island continents[19]. Both started out as parts of the nuclear supercontinent Gondwana, presumably sharing a regional biota, before drifting away in a northerly direction. While South America was intermittently isolated during its northerly migration until it became united with the North American plate[12,25], its southern tip (the Patagonian Terrane) trailing in cold temperature regions, Australia has been more effectively isolated during its still ongoing drift into subtropical regions. Their different post-separation histories resulted in a progressively different balance of the Gondwanan groups both once shared, such as ceratodontids among lungfish[19] and monotremes among mammals. □

Received 28 October 1991; accepted 14 February 1992.

1. Archer, M., Flannery, T. F., Ritchie, A. & Molnar, R. E. *Nature* **318,** 363-366 (1985).
2. Archer, M., Murray, P., Hand, S. J. & Godthelp, H. in *Mammal Phylogeny* (eds Szalay, F., Novacek, M. & McKenna, M.) (Springer, New York, in the press).
3. Archer, M., Jenkins, F. A. Jr., Hand, S. J., Godthelp, H. & Murray, P. *Aust. Zool. Rev.* (in the press).
4. Every, R. G. *A New Terminology for Mammalian Teeth Founded on the Phenomenon of Thegosis* (Pegasus, Christchurch, 1972).
5. Lester, K. S. & Archer, M. *Anat. Embryol.* **174,** 145-151 (1986).
6. Borde, A. thesis, Univ. London (1964).
7. Legarreta, L. A., Uliana, M. A. & Torres, M. A. in *Actas II Simp. sobre el Terciario de Chile: Procesos y Productos de Depositación en el Ámbito Andino* 135-176 Univ. de Concepción, Chile, 1991).
8. Méndez, I. A. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* **21,** 127-160 (1966).
9. Maziuk, V. *Rev. Mus. La Plata, nueva serie, sección Palaeont.* **5,** 197-258 (1967).
10. Pascual, R. & Ortiz-Jaureguizar, E. In *Facies y Fósiles de Bolivia* Vol. 2 (ed. Suárez-Soruco, R.) 3-4 (Rev. Tecn. Yac. Petrol. Bolivia, 1991).
11. Marshall, L. G. & de Muizon, C. *Nat. Geog. Res.* **4,** 23-55 (1988).
12. Pascual, R. & Ortiz-Jaureguizar, E. *J. hum. Evol.* **19,** 22-60 (1990).
13. Kraus, D. E. & Bonaparte, J. F. *J. vert. Paleont.* **10,** 31A (1990).
14. Petriella, B. T. P. & Archangelsky, S. in *Actas I Congr. Arg. Paleont. Bioestrat.* **2,** 257-270 (Tucumán, Argentina, 1975).
15. Zinsmeister, W. J. in *Historical Biogeography, Plate Tectonic and the Changing Environments* (eds J. Gray & A. J. Boucot) 349-355 (Proc. 37th Ann. Biol. Colloq., Oregon University Press, 1979).
16. Zinsmeister, W. J. *J. Paleont.* **36,** 84-102 (1982).
17. Vilas, J. F. & Valencio, D. in *Acta V. Congreso Latinoam. Geol.* **3,** 743-758 (1982).
18. Case, J. A. *Geol. Soc. Am.* **169,** 523-530 (1988).
19. Pascual, R. & Bondesio, P. in *Actas VI Congr. Geol. Arg.* **1,** 565-577 (Buenos Aires, Argentina, 1975).
20. Ramos, V. A. *Am. Scient.* **77,** 444-450 (1989).
21. Crisci, J. V., Cigliano, M. M., Morrone, J. J. & Roig-Junent, S. *Syst. Zool.* **40,** 152-171 (1991).
22. Bonaparte, J. F. in *Symp. Evol. Vert. Mesoz. Actas 2* (ed. Bonaparte, J. F.) 63-95 (IV Congr. Arg. Paleont. & Bioestrat., Mendoza, Argentina, 1986).
23. Bonaparte, J. F. (ed.) *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat., Paleontologia* III(3), 103-178 (1987).
24. Scillato-Yané, G. J. & Pascual, R. *Ameghiniana* **21,** 173-76 (1985).
25. Pascual, R. & Ortiz-Jaureguizar, E. in *Fossil Mammals and Evolution* (eds Forstén, A., Fortelius, M. & Werdelin, L.) (*Acta Zool. Fen.* **191,** in the press).
26. Stehli, F. G. & Webb, S. D. (eds) *The Great American Biotic Interchange*, XVII and 532 (Plenum, 1985).
27. Marshall, L. G., Hoffstetter, R. & Pascual, R. *Paleovertebrata* Montpellier, Mém. Extr. 1983, 1-93 (1983).
28. Woodburne, M. O. & Tedford, R. H. *Am. Mus. Novit.* **2588,** 1-11 (1975).
29. Westerman, M. & Edwards, D. Abstr. *Symp. Monotreme Biol.* (ed. Augee, M.) 27 (Roy. Zool. Soc. New South Wales, Sydney, 1991).
30. Kielan-Jaworowska, Z., Crompton, A. W. & Jenkins, F. A. Jr *Nature* **326,** 871-873 (1987).
31. Veevers, J. J. (ed.) *Phanerozoic Earth History of Australia* (Clarendon, Oxford, 1984).
32. Szalay, F. in *Carnivorous Marsupials* (ed. Archer, M.) 621-640 (Roy. Zool. Soc. New South Wales, Sydney, 1982).
33. Aplin, K. & Archer, M. in *Possums and Opossums: Studies in Evolution* (ed. Archer, M.) *XV-LXXII* (Surrey Beatty and the Roy. Zool. Soc. NSW, Sydney, 1987).
34. Pascual, R. *et al. Aust. Zool. Rev.* (in the press).
35. Griffiths, M., Wells, R. T. & Barrie, D. J. *Aust. Mammal.* **14,** 87-101 (1991).

ACKNOWLEDGEMENTS. We thank Amoco Oil Company and Astra for assistance; L. Legarreta and M. A. Uliana for unpublished data; R. Arnett for photographs. We also thank the CONICET, Argentina, M. McKenna, the Australian Research Council, the Department of Arts, Sport, Environment, Tourism and Territories, the Australian Geographic Society, the Riversleigh Society, the Royal Zoological Society of New South Wales for assistance in funding this research.

ES ARGENTINO, ENSEÑA EN L[illegible]PLATA Y TRABAJA EN SU SUBSUELO

El paleontólogo que halló un diente de 63 millones de años

El descubrimiento casual de un diente de ornitorrinco por uno de los alumnos del paleontólogo Rosendo Pascual puede hacer reescribir la historia natural. Constituiría la confirmación de la existencia de un antiguo continente formado por Oceanía y América del Sur. Así lo estimaron científicos australianos, que invitaron a Pascual para que diera detalles de su descubrimiento. También fue entrevistado por publicaciones científicas de alto nivel internacional, como la revista "Nature". Aquí ningún organismo oficial se interesó por el hecho.

Encontrar en la Patagonia un diente de **63 millones de años de antigüedad** no es cosa de todos los días, aunque para un paleontólogo forme parte de su rutina de trabajo. Sin embargo, la pieza hallada por el profesor argentino **Rosendo Pascual** en febrero de este año está poniendo incómodos a los australianos y **amenaza con mandar a reescribir todos los tratados sobre el origen de la fauna y la flora de ese continente.**

Aunque no fue lo mismo que poner en duda la exactitud de los relojes suizos, el sabor de las pastas italianas o la fastuosidad de la Gran Muralla China, el hallazgo apunta a comprobar que **el canguro, un símbolo nacional del que nunca aparecieron rastros en otra región de la Tierra, también pudo haber estado dando brincos por la Patagonia hace algunas decenas de millones de años.**

El diente encontrado por Pascual y un grupo de sus estudiantes en el golfo San Jorge, 1.300 kilómetros al sur de Buenos Aires, corresponde a un ornitorrinco, pariente ancestral de marsupiales tales como el canguro y el koala, animales exclusivamente autóctonos —al menos hasta ahora— del continente australiano.

♦ "No se parecía a nada conocido"

A principios de año, cuando el profesor Pascual y algunos de sus estudiantes se encontraban en el sur haciendo un estudio de los sedimentos patagónicos correspondientes a las eras mesozoica y cenozoica, no imaginaron que una diminuta pieza encontrada por azar al ras iba a originar semejante revuelo. Es más, en un principio ni ellos mismos sabían de qué se trataba.

"Uno de los muchachos del grupo me llamó porque había encontrado un pequeño diente que no lograba identificar —contó a **Clarín** el paleontólogo—. Para mi asombro, yo tampoco supe responderle a qué animal había pertenecido. Con ese enigma me volví a Buenos Aires, pero después de muchos estudios **no le encontraba relación con nada de lo conocido ni siquiera después de consultarlo con paleontólogos de otras partes del mundo".**

Finalmente lo clasificó como un "edentado", grupo al que pertenece el oso hormiguero y que está muy difundido en Sudamérica. Pero la duda persistía y Pascual agotó toda la bibliografía que tenía a su alcance sin dar con la pista correcta.

"Una tarde un estudiante me preguntó casi en broma: '¿No será un monotremata?' Es el grupo al que pertenecen los ornitorrincos, los más primitivos mamíferos que vivieron —o eso creíamos— exclusivamente en Australia. Entonces me acordé de la existencia de un trabajo de dos colegas norteamericanos, donde describían al primer ornitorrinco encontrado en ese continente. No [illegible] del animal. Lo busqué y al confrontar las piezas advertí que eran idénticas", contó Pascual.

Fue algo inesperado. Sin pérdida de tiempo le envió fotos del diente a algunos colegas de los Estados Unidos y de Australia. De este último país lo invitaron inmediatamente para dar a conocer su hallazgo en un simposio de especialistas que se celebraba en Sydney.

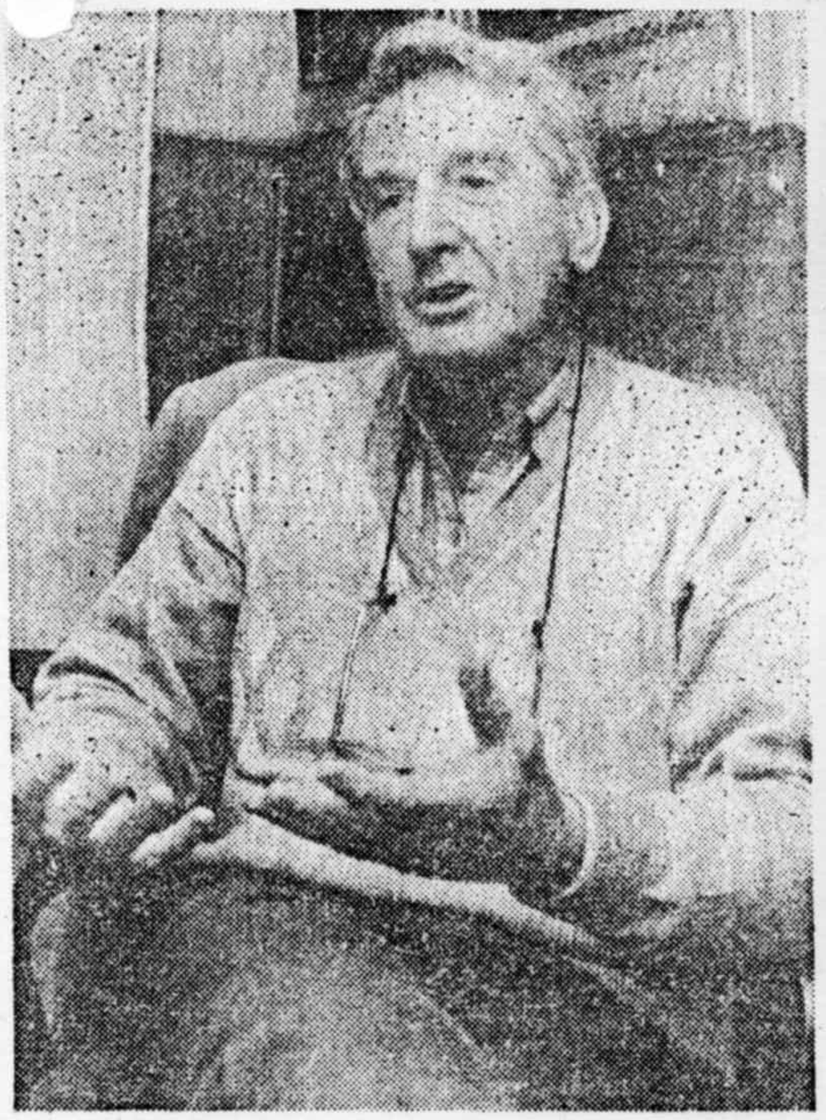
♦ El continente perdido

El diente de ornitorrinco hallado en el sur argentino reafirmó la teoría sobre la existencia del continente **Gondwanaland** hace millones de años, formado por lo que hoy son Australia y América del Sur. "Si los marsupiales no sobrevivieron aquí —explicó Pascual—, fue porque la masa del continente australiano se movilizó hacia una zona más tropical y en cambio nuestro país conservó una temperatura más fría".

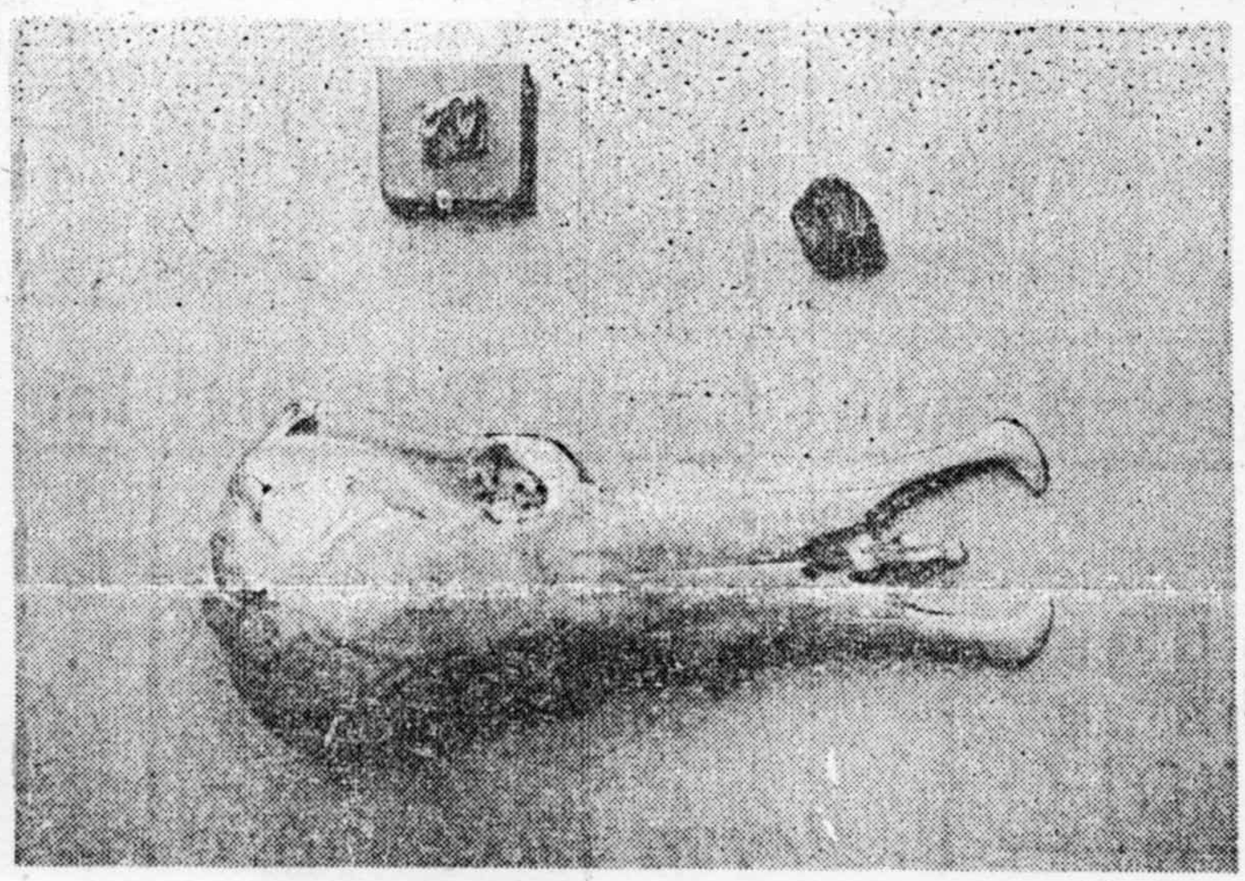
Con las pruebas a mano, a los australianos no les quedó más que resignarse a compartir el origen común de estos animales. "El profesor Pascual ha encontrado la primera evidencia de monotrematas fuera de Australia", dice un recorte del "The Sydney Morning Herald" del 26 de agosto, uno de los muchos diarios locales que se ocuparon del hallazgo del paleontólogo argentino.

Fue tal la repercusión que la noticia tuvo en aquel país, que la **Sociedad Geográfica Australiana** hizo hace pocos días un anuncio formal del descubrimiento y ya está organizando el viaje de un grupo de paleontólogos de la Universidad de Nueva Gales del Sur hacia la Patagonia. La misma tierra que alguna vez recorrió **Charles Darwin**, el padre de la teoría de la evolución de las especies, y que todavía guarda en sus entrañas capítulos ocultos de la historia de este planeta.

Ezequiel Martínez



El profesor Rosendo Pascual, de la Academia de Ciencias y la Universidad de La Plata. Su descubrimiento, que permite pensar en la existencia de canguros en América del Sur, causó revuelo en Australia y en la comunidad científica internacional.



El diente de ornitorrinco de 63 millones de años hallado en la Patagonia. Su descubrimiento confirma la existencia del continente Gondwanaland, hace millones de años, formado por Australia y América del Sur.

Aquí nadie lo felicitó

Ningún organismo oficial o representante del Gobierno se puso en contacto con el paleontólogo Rosendo Pascual después de conocida la noticia de su hallazgo. No hubo felicitaciones.

Revistas especializadas como **Nature** o **Australia Geographic** se disputaron la exclusividad de la noticia. En Sydney, los diarios, la televisión, la radio y las agencias noticiosas —a través de una de las cuales se conoció la novedad en la Argentina—, le pidieron entrevistas para informar sobre su descubrimiento.

Pascual no es un desconocido. Pertenece a la **Academia de Ciencias y es profesor de la Universidad Nacional de La Plata.** La mayor parte de sus horas las pasa en una oficina ubicada en un oscuro subsuelo del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

"Son como los corredores de una catacumba", comentó Pascual. Su estudio, como su profesión, huelen a pasado. El mobiliario, los instrumentos indispensables para su trabajo y todo lo que lo rodea parece detenido en el tiempo. **Nunca hubo fondos para [illegible] yo. Ni hablar de la suscripción a las publicaciones científicas más importantes, que son indispensables para mantenerse actualizado",** dijo el paleontólogo. **Su sueldo no llega a los diez millones de australes, a pesar de tener la categoría más alta y décadas de antigüedad.**

En ese lugar, como en tantos otros del país dedicados a la investigación, permanece vivo el recuerdo de una silla que se hizo famosa por los parches y ataduras que le realizó su dueño para poder seguir trabajando sentado. Era la silla que usaba **Luis Federico Leloir** en un laboratorio subvencionado por el Estado. Fue hace muchos años, pero la costumbre no ha cambiado.